

## Γεωργικός Πειραματισμός (Κωδ. 3515)

### Ανάλυση Διακύμανσης στο Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο με έναν παράγοντα

#### Σύντομη ανασκόπηση βασικών εννοιών, προτάσεων και τύπων

<p><b>Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο με έναν παράγοντα</b></p>	<p>Η κατανομή των επεμβάσεων στις πειραματικές μονάδες γίνεται (εντελώς) τυχαία ώστε κάθε πειραματική μονάδα να έχει την ίδια πιθανότητα να δεχθεί οποιαδήποτε επέμβαση. Προϋπόθεση: οι πειραματικές μονάδες δεν πρέπει να προσθέτουν μεταβλητότητα.</p>
<p><b>Πειραματικό Σφάλμα - Σχεδίαση Πειράματος</b></p>	<p>Η μεταβλητότητα των παρατηρήσεων μεταξύ πειραματικών μονάδων που δέχθηκαν την ίδια επέμβαση, ή αλλιώς, η μεταβλητότητα των παρατηρήσεων που δεν εξηγείται από τις επεμβάσεις. Όσο μικρότερο είναι το πειραματικό σφάλμα τόσο μικρότερες διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων μπορούμε να ανιχνεύσουμε. Η επιλογή κατάλληλου πειραματικού σχεδίου σε αυτό αποσκοπεί.</p>
<p><b>Επαναλήψεις (Replications)</b></p>	<p><b>Ανεξάρτητες</b> παρατηρήσεις που λαμβάνονται υπό συγκεκριμένη (την ίδια) επέμβαση. Για <math>k</math> επαναλήψεις απαιτούνται <math>k</math> πειραματικές μονάδες (ανεξάρτητες). Είναι αναγκαίες για την εκτίμηση του πειραματικού σφάλματος. <u>Προσοχή</u> στη διάκριση μεταξύ <b>επαναλήψεων</b> και <b>ψευδοεπαναλήψεων (pseudoreplications)</b> και στις έννοιες <b>πειραματική μονάδα (experimental unit)</b> και <b>μονάδα παρατήρησης (observational unit)</b>.</p>
<p><b>Πιθανότητα σφάλματος τύπου I κατά σύγκριση και κατά πείραμα</b></p>	<p>Η πιθανότητα λανθασμένης απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης σε έναν τουλάχιστον από <math>c</math> ελέγχους (δηλαδή, η πιθανότητα σε <math>c</math> ελέγχους να συμβεί τουλάχιστον μια φορά σφάλμα Τύπου I) ονομάζεται <b>πιθανότητα σφάλματος τύπου I κατά πείραμα</b> και συμβολίζεται με <math>\alpha_{PE}</math>. Το επίπεδο σημαντικότητας καθενός από τους <math>c</math> ελέγχους ονομάζεται <b>πιθανότητα σφάλματος τύπου I κατά σύγκριση</b> και συμβολίζεται με <math>\alpha_{PC}</math>.</p>
<p><b>Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA test)</b></p>	<p><b>Η βασική ιδέα:</b> Οι διαφορές στους δειγματικούς μέσους (στους μέσους των επεμβάσεων) κρίνονται στατιστικά σημαντικές ή όχι, σε σχέση με τις μεταβλητότητες (διακυμάνσεις) εντός των δειγμάτων.</p> <p>Analysis of Variance is not a mathematical theorem but rather a convenient method of arranging the arithmetic (<i>Sir Ronald Fisher</i>).</p>
<p><b>Εκ των υστέρων συγκρίσεις ή Πολλαπλές συγκρίσεις (Post-hoc Comparisons ή Multiple Comparisons)</b></p> <p><b>Πώς θα επιλέξουμε τον κατάλληλο έλεγχο μεταξύ των: LSD, Tukey, SNK, Duncan, Dunnett, Dunn, Scheffe</b></p>	<p>Για να επιλέξουμε τον κατάλληλο έλεγχο πρέπει πρώτα να αποφασίσουμε αν θέλουμε να κάνουμε όλες τις ανά δύο συγκρίσεις ή μόνο κάποιες συγκεκριμένες. Στις περιπτώσεις που ενδιαφερόμαστε μόνο για κάποιες συγκεκριμένες συγκρίσεις πρέπει να επιλέξουμε μεταξύ των ελέγχων <i>Dunnnett</i> και <i>Scheffe</i> (κατά περίπτωση). Πρέπει επίσης να σταθμίσουμε τη σημασία των <i>σφαλμάτων τύπου I</i> και <i>τύπου II</i> στη συγκεκριμένη έρευνα. Δηλαδή, αν πρέπει να «προστατευθούμε» περισσότερο από <i>σφάλματα τύπου I</i> ή από <i>σφάλματα τύπου II</i>, αν μας ενδιαφέρει ο έλεγχος της <i>πιθανότητας σφάλματος τύπου I κατά πείραμα</i>, <math>\alpha_{PE}</math>, ή/και της <i>πιθανότητας σφάλματος τύπου I κατά σύγκριση</i>, <math>\alpha_{PC}</math>. Η απάντηση σε αυτά τα ερωτήματα εξαρτάται από το συγκεκριμένο κάθε φορά ερευνητικό πρόβλημα αλλά και από την γενικότερη αντίληψη/άποψη του ερευνητή για τη σημασία και τη βαρύτητα των διαφόρων τύπων σφαλμάτων σε μια έρευνα. Αν αποφασίσουμε ότι το <i>κατά πείραμα σφάλμα τύπου I</i> μας ενδιαφέρει, τότε πρέπει να αποκλείσουμε από τις επιλογές μας τον έλεγχο <i>LSD</i> και να επιλέξουμε μεταξύ των ελέγχων <i>Tukey</i>, <i>Scheffe</i>, <i>Duncan</i>, <i>SNK</i> και <i>Dunn</i>. Το βασικό στοιχείο που πρέπει, στο σημείο αυτό, να λάβουμε υπόψη μας είναι ο <i>τρόπος</i> που ο κάθε έλεγχος χειρίζεται την προστασία από το <i>σφάλμα τύπου I κατά πείραμα</i> γιατί ουσιαστικά, με βάση αυτόν διαφοροποιούνται. Υπενθυμίζουμε ότι ο έλεγχος <i>Scheffe</i>, όταν χρησιμοποιείται για όλες τις ανά δύο συγκρίσεις είναι πολύ συντηρητικός, δηλαδή, παρέχει τη μικρότερη προστασία από <i>σφάλματα τύπου II</i> κάτι το οποίο συμβαίνει και με τον έλεγχο <i>Dunn</i> όταν ο αριθμός των συγκρίσεων δεν είναι μικρός. Από τους ελέγχους, <i>Tukey</i>, <i>Duncan</i> και <i>SNK</i> ο πλέον συντηρητικός είναι ο <i>Tukey</i> αλλά παρέχει μεγαλύτερη προστασία από <i>σφάλμα τύπου I κατά πείραμα</i> ενώ οι <i>Duncan</i> και <i>SNK</i> τείνουν να αναδεικνύουν περισσότερες σημαντικές διαφορές γιατί χειρίζονται το <i>σφάλμα τύπου I κατά πείραμα</i> με άλλον τρόπο («διαβαθμίζουν» την προστασία).</p>

<p><b>Υποθέσεις για την εφαρμογή ANOVA test</b></p>	<p>1. Οι πληθυσμοί από τους οποίους προέρχονται τα δείγματα είναι <b>κανονικοί με κοινή διακύμανση</b>.</p> <p>2. Όλες οι παρατηρήσεις <math>y_{ij}</math> είναι μεταξύ τους ανεξάρτητες .</p> <p><b>Ισοδύναμα,</b> Τα <b>σφάλματα</b> <math>\varepsilon_{ij} = Y_{ij} - \mu_j, j = 1, 2, \dots, k, i = 1, 2, \dots, v_j</math> είναι μεταξύ τους <b>ανεξάρτητα</b> και <math>\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)</math></p>
<p><b>Μη παραμετρικοί έλεγχοι</b></p>	<p>Όταν δεν ικανοποιείται μία ή περισσότερες από τις υποθέσεις εφαρμογής ANOVA test εφαρμόζονται μη παραμετρικοί έλεγχοι:</p> <p><b>α)</b> Αν ισχύει η κανονικότητα αλλά <b>δεν</b> ισχύει η σταθερότητα των διακυμάνσεων εφαρμόζεται <b>Welch's test</b> (γνωστό και ως <b>Welch's ANOVA test</b>) και ως post-hoc test μπορεί να εφαρμοστεί το <b>Games-Howell test</b></p> <p><b>β)</b> Αν <b>δεν</b> ισχύει η κανονικότητα ή/και η σταθερότητα των διακυμάνσεων εφαρμόζεται <b>Kruskal-Wallis test</b> και ως post-hoc test μπορεί να εφαρμοστεί το <b>Steel-Dwass test</b>, το <b>Dunn's test</b> ή το <b>Dunn's with control test</b></p>

**Ανάλυση Διακύμανσης στο Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο (με έναν παράγοντα)**

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$  ή ο παράγοντας δεν επιδρά

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$  για ένα τουλάχιστον ζεύγος  $(i, j)$  ή ο παράγοντας επιδρά

<b>Ο Πίνακας ANOVA για το Εντελώς Τυχαιοποιημένο σχέδιο (με έναν παράγοντα)</b>					
<b>Πηγή μεταβλητότητας</b>	<b>B.E.</b>	<b>Άθροισμα Τετραγώνων SS</b>	<b>Μέσο Άθροισμα Τετραγώνων MS</b>	<b>Κριτήριο F</b>	<b>Περιοχή απόρριψης</b>
<b>Επεμβάσεις ή Παράγοντας ή μεταξύ των δειγμάτων</b>	$k-1$	$SSTr = \sum_j v_j (\bar{y}_j - \bar{y})^2$ $= \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{v_j} - \frac{G^2}{v}$	$MSTr = \frac{SSTr}{k-1}$	$F_{Tr} = \frac{MSTr}{MSE}$	$F_{Tr} \geq F_{k-1; v-k; \alpha}$
<b>Σφάλμα ή εντός των δειγμάτων</b>	$v-k$	$SSE = \sum_{ji} (y_{ij} - \bar{y}_j)^2 = \sum_{ji} y_{ij}^2 - \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{v_j}$	$MSE = \frac{SSE}{v-k}$		
<b>Ολική</b>	$v-1$	$SSTot = \sum_{ji} (y_{ij} - \bar{y})^2 = \sum_{ji} y_{ij}^2 - \frac{G^2}{v}$			

$T_j, j=1, 2, \dots, k$  το άθροισμα των παρατηρήσεων του  $j$  δείγματος και  $G = \sum_{ji} y_{ij} = \sum_{j=1}^k T_j$

## Προβλήματα και Ασκήσεις

1. Για τη μελέτη της επίδρασης των εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του εντόμου *brown plantforpper* στην απόδοση καλλιεργειών ρυζιού, έγινε ένα πείραμα σε 28 πειραματικά τεμάχια, σύμφωνα με το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν 6 διαφορετικά εντομοκτόνα και καθένα εφαρμόστηκε σε 4 τυχαία επιλεγμένα πειραματικά τεμάχια. Επίσης, τέσσερα πειραματικά τεμάχια χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες (δεν χρησιμοποιήθηκε εντομοκτόνο). Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι αποδόσεις σε Kg/ha (από K.A. Gomez & A.A. Gomez, 1984).

Εντομοκτόνο	<b>Dol-Mix (1 Kg)</b>	2537	2069	2104	1797
	<b>Dol-Mix (2 Kg)</b>	3366	2591	2211	2544
	<b>DDT+γ-BHC</b>	2536	2459	2827	2385
	<b>Azordin</b>	2387	2453	1556	2116
	<b>Dimecron-Boom</b>	1997	1679	1649	1859
	<b>Dimecron-Knap</b>	1796	1704	1904	1320
	<b>Control</b>	1401	1516	1270	1077

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, δίνουν αυτά τα πειραματικά δεδομένα αποδείξεις ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην απόδοση ρυζιού που οφείλεται στο είδος εντομοκτόνου;

2. Μια ερευνητική ομάδα μελέτησε την ανάπτυξη της βλάστησης σε τέσσερις ελώδεις περιοχές της χώρας στις οποίες δεν είχε γίνει ανθρώπινη παρέμβαση (καλλιέργειες, προσχώσεις, κτλ.). Ειδικότερα, μια προκαθορισμένη ημέρα του Μαΐου η ερευνητική ομάδα επέλεξε τυχαία 6 φυτά ενός συγκεκριμένου είδους από κάθε περιοχή και μέτρησε το μήκος των φύλλων κάθε φυτού (σε cm). Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται για κάθε φυτό το μέσο μήκος είκοσι τυχαία επιλεγμένων φύλλων του.

Περιοχή	<b>Π1</b>	5.7	6.3	6.1	6.0	5.8	6.2
	<b>Π2</b>	6.2	5.3	5.7	6.0	5.2	5.5
	<b>Π3</b>	5.4	5.0	6.0	5.6	4.9	5.2
	<b>Π4</b>	3.7	3.2	3.9	4.0	3.5	3.6

α) Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, δίνουν αυτά τα δεδομένα αποδείξεις ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο μέσο μήκος των φύλλων των φυτών του συγκεκριμένου είδους μεταξύ των τεσσάρων περιοχών; β) Εξηγήστε τι έλεγχο, γιατί και με ποιες παραδοχές κάνατε για να απαντήσετε στο ερώτημα (α); γ) Ποια παραδοχή από αυτές που χρειάστηκε να κάνατε για να απαντήσετε στο ερώτημα (α) είναι εύλογο να θεωρήσετε ότι πράγματι ισχύει.

3. Ένας ερευνητής προκειμένου να συγκρίνει τρία σιτηρέσια εκτροφής κοτόπουλων (Σ1, Σ2 και Σ3), σχεδίασε και εκτέλεσε το εξής πείραμα. Επέλεξε 15 νεογέννητα κοτόπουλα και με μια τυχαία διαδικασία αντιστόιχησε σε 5 από αυτά το σιτηρέσιο Σ1, σε 5 άλλα το σιτηρέσιο Σ2 και σε 5 άλλα το σιτηρέσιο Σ3. Δημιούργησε έτσι τρεις ομάδες των πέντε κοτόπουλων η κάθε μία. Αφού χορήγησε στα κοτόπουλα κάθε ομάδας το αντίστοιχο σιτηρέσιο (για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα από τη γέννησή τους), μέτρησε το (μικτό) βάρος τους (σε kg). Οι μετρήσεις που πήρε δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Σιτηρέσιο	<b>Σ1</b>	2.65	2.31	2.61	2.09	2.39
	<b>Σ2</b>	1.83	2.46	2.54	1.72	1.98
	<b>Σ3</b>	2.50	2.24	2.72	2.31	2.65

α) Τι τύπου πειραματικό σχέδιο επέλεξε να εφαρμόσει ο ερευνητής; β) Με βάση αυτά τα πειραματικά δεδομένα και σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση αύξηση του βάρους των κοτόπουλων που να οφείλονται στα τρία σιτηρέσια; γ) Ποιες παραδοχές χρειάστηκε να κάνατε για να απαντήσετε στο ερώτημα (β);

4. Σε ένα πείραμα για τη διερεύνηση της επίδρασης της πρωινής διατροφής στη συγκέντρωση της προσοχής των μαθητών Α' Δημοτικού κατά τα πρώτα είκοσι λεπτά της πρώτης πρωινής ώρας μαθημάτων, επελέγησαν 15 μαθητές της Α' Δημοτικού και με μια τυχαία διαδικασία, σε 5 μαθητές δε δόθηκε πρωινό, σε άλλους 5 δόθηκε ελαφρύ πρωινό και σε άλλους επίσης 5 δόθηκε πλήρες πρωινό. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται ο χρόνος συγκέντρωσης της προσοχής (σε min), καθενός από τους 15 μαθητές (κατά τα πρώτα είκοσι λεπτά της πρώτης πρωινής ώρας μαθημάτων).

Χρόνοι συγκέντρωσης (σε min) ανά κατηγορία πρωινής διατροφής		
Όχι πρωινό	Ελαφρύ πρωινό	Πλήρες πρωινό
8	14	10
7	16	12
9	12	16
13	17	15
10	11	12

α) Τι τύπου πειραματικό σχέδιο επελέγη; β) Με βάση αυτά τα πειραματικά δεδομένα και σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση στη διάρκεια συγκέντρωσης της προσοχής των μαθητών Α' Δημοτικού κατά τα πρώτα είκοσι λεπτά της πρώτης πρωινής ώρας μαθημάτων, που να οφείλεται στην πρωινή διατροφή;

5. Ένας φοιτητής συνέκρινε στο πλαίσιο της πτυχιακής του εργασίας, τις ποσότητες χοληστερίνης που περιέχουν τέσσερα διαφορετικά είδη τροφίμων διαίτης, Α1, Α2, Α3 και Α4. Για το σκοπό αυτό, πήρε με βάση ένα σχέδιο τυχαίας δειγματοληψίας τρεις μετρήσεις από κάθε είδος (σε mg/170gr). Οι μετρήσεις αυτές φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

		Ποσότητα Χοληστερίνης (σε mg/170gr)		
Είδος τροφίμου διαίτης	A1	3.6	4.1	4.0
	A2	3.1	3.2	3.9
	A3	3.2	3.5	3.5
	A4	3.5	3.8	3.8

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, υποστηρίζουν αυτά τα δεδομένα ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων ποσοτήτων χοληστερίνης στα τέσσερα είδη τροφίμων;

6. Στο πλαίσιο πειράματος μετρήθηκαν τα ανάγοντα σάκχαρα μετά το τέλος της αλκοολικής ζύμωσης σε παραχθέντες οίνους τριών ποικιλιών. Τα αποτελέσματα που έδωσε η μέθοδος Luff φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

		Ανάγοντα σάκχαρα (σε g/L)		
Ποικιλία	Μπουγατσίδες	1,63	1,65	1,66
	Παπαδιές	1,83	1,9	1,76
	Βουλγαρίδια	1,46	1,34	1,41

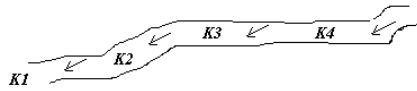
Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, υποστηρίζουν αυτά τα δεδομένα ότι μεταξύ των τριών ποικιλιών υπάρχουν διαφορές στην ποσότητα των σακχάρων που ανάγονται μετά το τέλος της αλκοολικής ζύμωσης;

7. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η ποσότητα πρωτεΐνης (σε g/100mL) στο αίμα κατοίκων τριών διαφορετικών περιοχών, Α, Β και Γ.

		Ποσότητα πρωτεΐνης (σε g/100mL)								
Περιοχή	A	7.4	7.1	7.3	7.6	7.8	7.5	7.9		
	B	7.6	7.5	7.0	6.8	7.3	7.2	7.4	7.3	
	Γ	8.1	8.0	7.5	7.9	8.3	8.4	7.5	7.4	7.5

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, υποστηρίζουν αυτά τα δεδομένα ότι ο παράγοντας «περιοχή διαμονής» επιδρά στην ποσότητα πρωτεΐνης στο αίμα των κατοίκων;

8. Μια ομάδα ερευνητών μελέτησε τη μόλυνση των νερών ενός ποταμού από βιομηχανικά απόβλητα. Ως μέρος αυτής της μελέτης, συνέκρινε τη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στα νερά του ποταμού σε 4 περιοχές της κοίτης του, K1, K2, K3 και K4. Η περιοχή K1 βρίσκεται στις εκβολές του ποταμού ενώ κοντά στην K3 ρίχνονται απόβλητα από παρακείμενη βιομηχανία.



Από κάθε περιοχή οι ερευνητές πήραν, με βάση ένα σχέδιο τυχαίας δειγματοληψίας, έξι δείγματα νερού. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου (σε ppm) στις τέσσερις περιοχές του ποταμού (πέντε από τα δείγματα νερού χάθηκαν).

Περιοχή	K1	6.1	6.3	6.1	6.0		
	K2	6.0	6.2	6.1	5.8		
	K3	4.8	4.3	5.0	4.7	5.1	
	K4	6.3	6.6	6.4	6.4	6.5	6.3

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, υποστηρίζουν αυτά τα δεδομένα ότι μεταξύ των τεσσάρων περιοχών υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου;

9. Το φυτό *Brassica campestris* έχει ιδιαίτερα γοργό κύκλο ανάπτυξης και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται συχνά σε πειράματα μελέτης παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη φυτών. Σε ένα τέτοιο πείραμα χορηγήθηκε σε επτά φυτά η ουσία *Ancymidol* και τα φυτά αυτά συγκρίθηκαν ως προς την ανάπτυξή τους με οκτώ άλλα φυτά στα οποία δεν χορηγήθηκε η συγκεκριμένη ουσία αλλά μόνο νερό (μάρτυρες). Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα ύψη των φυτών (σε cm) μετά δύο εβδομάδες από την έναρξη του πειράματος.

<b>Μάρτυρες</b>	10.0	13.2	19.8	19.3	21.2	13.9	20.3	9.6
<b>Χορήγηση Ancymidol</b>	13.2	19.5	11.0	5.8	12.8	7.1	7.7	

Με βάση αυτά τα πειραματικά δεδομένα μπορούμε να ισχυριστούμε σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ότι η ουσία *Ancymidol* επιδρά στην ανάπτυξη των φυτών και μάλιστα ότι επιβραδύνει την ανάπτυξή τους; Σε επίπεδο σημαντικότητας 1%; Πώς απαντάτε στα προηγούμενα ερωτήματα αν γνωρίζετε ότι η P-τιμή του ελέγχου είναι 0.0339;

10. Στο πλαίσιο μιας μελέτης για τη φυσιολογία του σιταριού κατά τη διάρκεια ωρίμανσης, ένας γεωπόνος επέλεξε από έναν πειραματικό αγρό έξι φυτά σιταριού και για κάθε φυτό μέτρησε την υγρασία σε δύο ομάδες σπόρων: μια ομάδα από το κεντρικό και μια από το πάνω μέρος της ταξιανθίας.

		Φυτό					
		1	2	3	4	5	6
Υγρασία	Κεντρικό	62.7	63.6	60.9	63.0	62.7	63.7
	Πάνω	59.7	61.6	58.2	60.5	60.6	60.8

- (α) Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, υποστηρίζουν αυτά τα δεδομένα ότι υπάρχει διαφορά στην υγρασία μεταξύ κεντρικού και πάνω μέρους της ταξιανθίας; (β) Βρείτε ένα 99% διάστημα εμπιστοσύνης για τη διαφορά στην υγρασία μεταξύ κεντρικού και πάνω μέρους της ταξιανθίας.

11. Αναλύσαμε τα πειραματικά δεδομένα που δίνονται στο Πρόβλημα 1 με ένα στατιστικό πακέτο και μεταξύ άλλων πήραμε τα παρακάτω *outputs*. Με βάση αυτά τα *outputs*, τι συμπεράσματα προκύπτουν από το συγκεκριμένο πείραμα;

**ANOVA Table for rice by insecticides**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	5,58717E6	6	931196,0	9,83	0,0000
Within groups	1,99024E6	21	94773,2		
Total (Corr.)	7,57741E6	27			

**Multiple Range Tests for rice by insecticides**

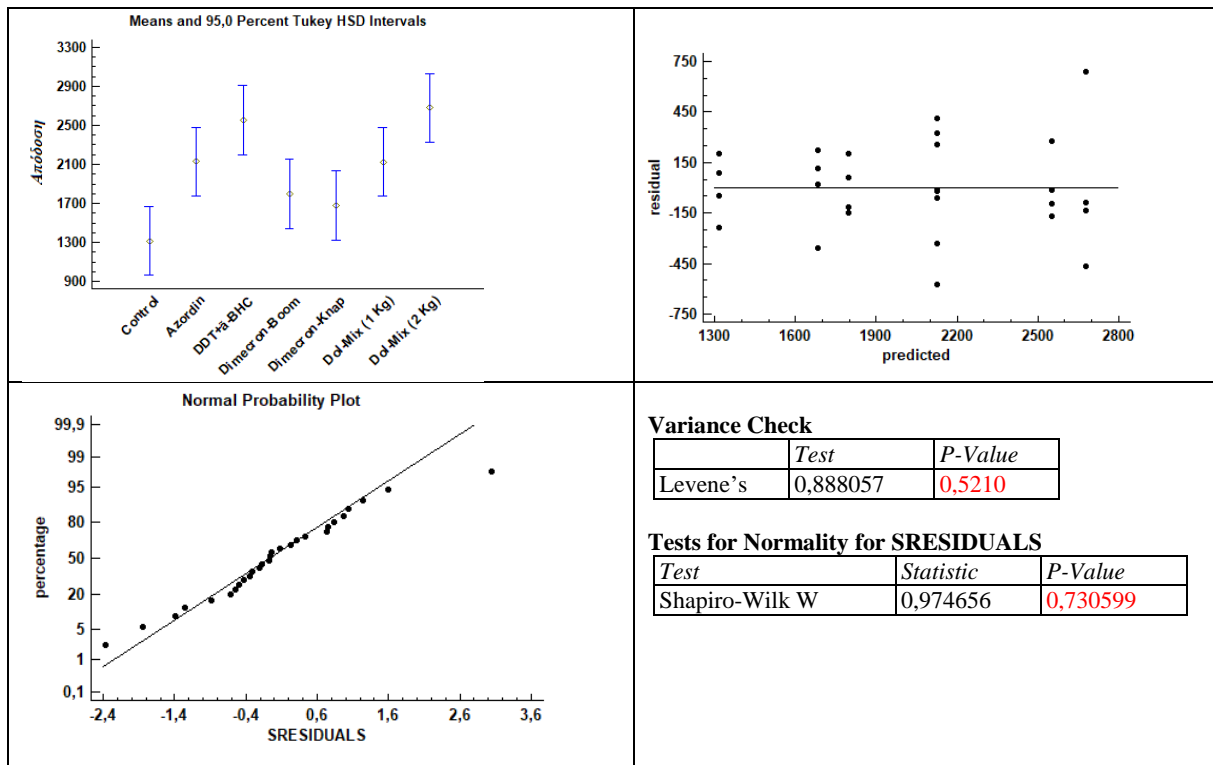
Method: 95,0 percent LSD

insecticides	Count	Mean	Homogeneous Groups
Control	4	1316,0 <sup>a</sup>	X
Dimecron-Knap	4	1681,0 <sup>ab</sup>	XX
Dimecron-Boom	4	1796,0 <sup>b</sup>	X
Dol-Mix (1 Kg)	4	2126,75 <sup>bc</sup>	XX
Azordin	4	2128,0 <sup>bc</sup>	XX
DDT+γ-BHC	4	2551,75 <sup>cd</sup>	XX
Dol-Mix (2 Kg)	4	2678,0 <sup>d</sup>	X

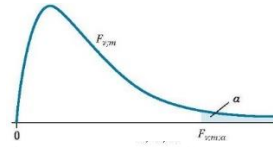
**Multiple Range Tests for rice by insecticides**

Method: 95,0 percent Tukey HSD

insecticides	Count	Mean	Homogeneous Groups
Control	4	1316,0 <sup>a</sup>	X
Dimecron-Knap	4	1681,0 <sup>ab</sup>	XX
Dimecron-Boom	4	1796,0 <sup>ab</sup>	XX
Dol-Mix (1 Kg)	4	2126,75 <sup>bc</sup>	XX
Azordin	4	2128,0 <sup>bc</sup>	XX
DDT+γ-BHC	4	2551,75 <sup>c</sup>	X
Dol-Mix (2 Kg)	4	2678,0 <sup>c</sup>	X



## Άνω α-ποσοστιαία σημεία της κατανομής F



$\alpha = 0.05$

$\nu = \text{βαθμοί ελευθερίας για τον αριθμητή}$

$m \backslash \nu$	$\nu = \text{βαθμοί ελευθερίας για τον παρονομαστή}$																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$
1	161	200	210	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254
2	18.5	19.0	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.62	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
$\infty$	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00